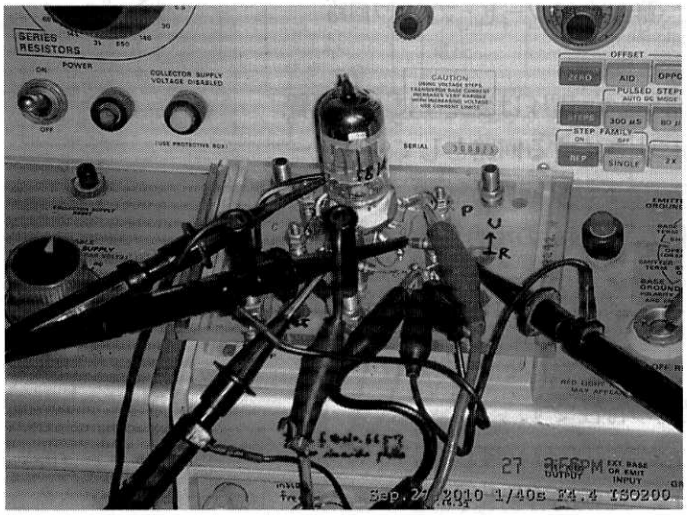
連載 オーディオ計測の散歩道

ヒータ電圧による真空管の特性の変化

—双3極管のプレート特性のちがい—

■小倉幸一■



《写真A》小さなシャーシ上に実験基板を作った

10月号では，微少容量測定の対象として真空管の電極間容量を測定してみました．それがヒータ電圧の変化にどう対応しているか，双3極管でのカーブ・トレーサーの写真提示で終わってしまいました．

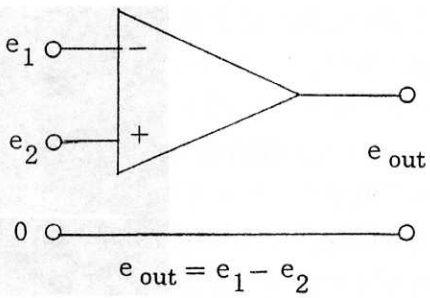
双3極管は，それらを回路上直列的に次段つないでいく使いかたと，プッシュプル的使いかたがありますが，後者の使いかたでは当然両者の特性がそろっていることが基本条件となります．この揃い具合を見るのに，測定技法として差動増幅法を使ってみます．

差動増幅法はデファレンシャル・アンプとして一般的ですが，**第1図**のように＋－両入力を備え，同じ入力（電圧，位相的にも）では出力が差し引き0となる回路です．具体的には**第2図**のように外来雑音 e_n 除去の効果を得ることできます．

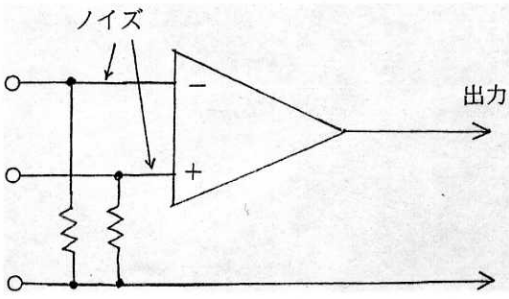
この原理は真空管への入力をグリッド入力とカソード入力とに分けて考えた場合，グリッド入力（カソード電位に対して）＋はプレート電流の増加をもたらします．そのとき，そのぶんカソード電位も上げると（カソード＋入力）グリッド～カソード間の電位差はなくなり，プレート電流の変化はなくなります（出力0）．

ここで両者の入力抵抗を見てみると，r_g は非常に大きく，対してカソード～アース間（r_k）は非常に小さい値です．一方，前段出力や入力信号はいずれも等価的に内部抵抗（r）を持った電源と考えられますから，その内部抵抗rの大小はグリッドとカソードへの実入力電圧の減少という影響をもたらします．

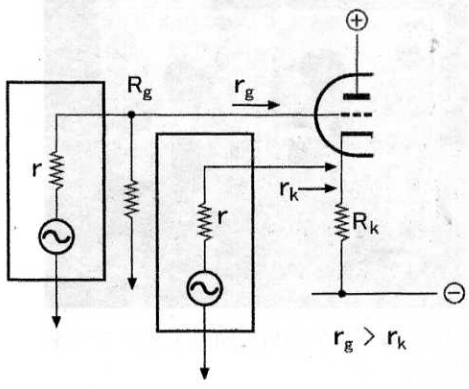
この影響の激しいのはカソード入力側です（**第3図**参照）．その程度は前段信号源の抵抗（r）と（r_k）との比によって決まります．この影響を少なく（または実質的になくする）にはrをできるだけ小さくすることが必要です．この前段からの（また



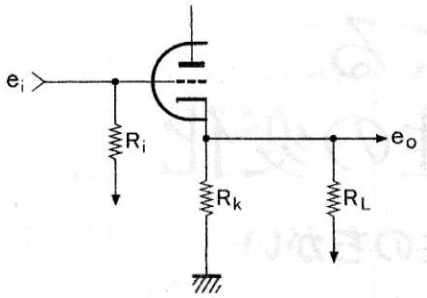
〈第1図〉差動増幅の基本回路



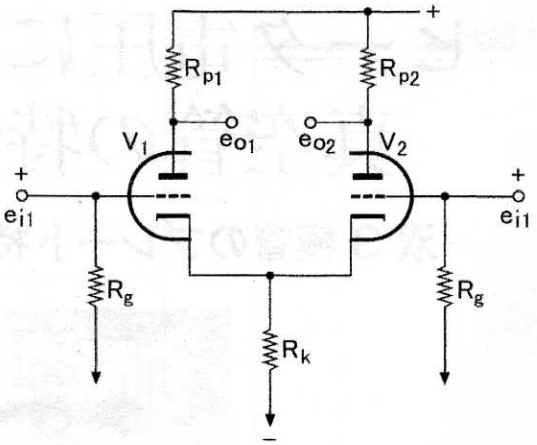
◀〈第2図〉
両入力に同じ信号が入れば出力は0



〈第3図〉▶
G入力とK入力での内部インピーダンス

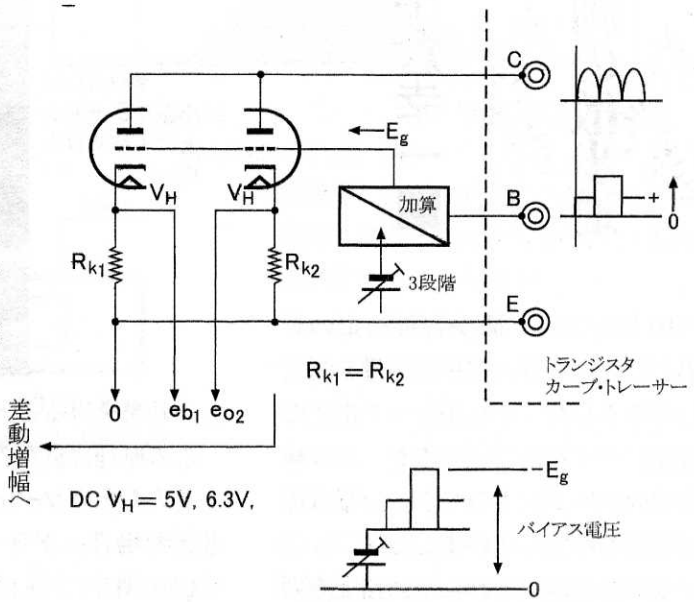


〈第4図〉カソード・フォロワ回路



出力 / 入力	e_{01}	e_{02}
e_{i1} +	−	+
e_{i1} +	+	−
$e_{i1} - e_{i2} \rightarrow e_{01} = 0$ $e_{02} = 0$		

〈第5図〉差動増幅の出力



〈第6図〉カーブ・トレーサーとの接続のしかた．NPNTr用とし，B端子に3段階の負バイアスをかける

は信号源の）電圧は変えずにrを実質的に小さくする回路として，カソード・フォロワ回路があります．（**第4図**）．6SN7の場合，

ゲイン＝(Z・gm)/(1＋Z・gm)
＝0.9…

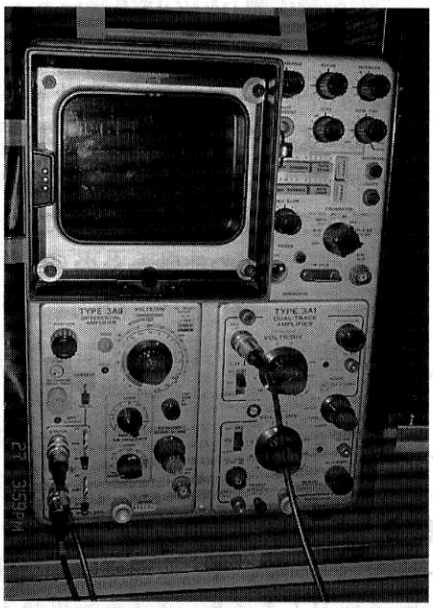
出力抵抗＝1/gm＝300Ω

程度の特性です．

rが数100Ω程度以下に下げられれば，比較的容易に次段へ気軽につなげられます．もっと徹底して，オーディオ回路の出力段に使ってスピーカをドライブすることにも応用されています．

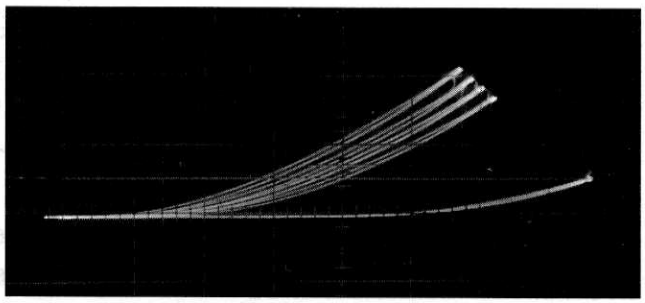
さて，この原理でカソード入力端子へ信号の送りこみを完成したものが差動増幅器となるわけですが，**第5図**のプレート出力は互いに逆位相となり，各プレート間では入力の2倍の出力が得られたことになり（アースからは浮いている），オシロスコープの偏向板ドライブには最適となるわけです．

話を真空管特性の表示に戻しますが，たとえば10月号の12AU7双3極管の各特性をこの差動増幅回路につないだら，どうでしょう．特性が合っていれば出力は0となって，オシロ上横1本線となってしまうわけです．もちろん，オシロのX軸はプレート電圧をカーブ・トレーサ

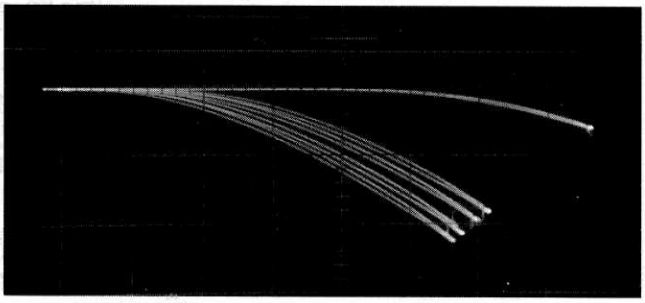


《写真B》X，Y軸用に同じY軸アンプを使った

《写真C》



《写真D》



ーからつないでおくわけですが，Y軸は**第6図**のように12AU7ピン3と8に低抵抗をつなぎ，プレート電流として取り出すことにします．この2信号を差動増幅オシロにつなげばシステム完了です．

もっと具体的には真空管ホルダー(ソケット部)をどうするかですが，これはカーブ・トレーサーのコレクタ，ベース，エッミタの入力ソケット部に寸法を合わせた小シャーシ(透明プラ板)を作って適合させました(**写真A**)．真空管のヒータ電圧は別直流定電圧から供給することで，これは先月号で解決ずみです．

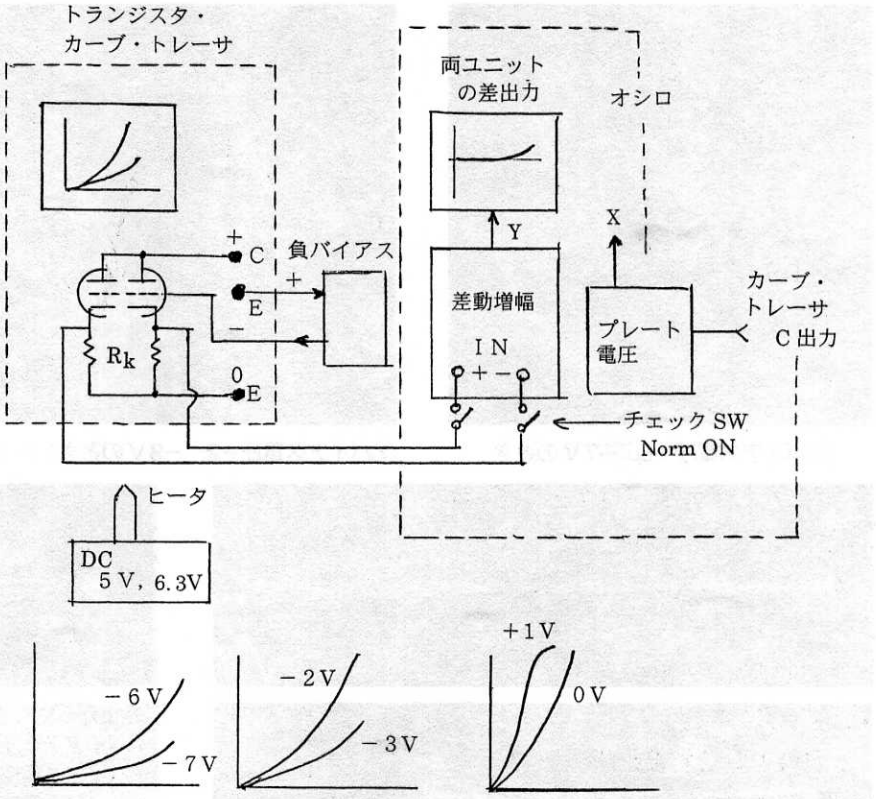
以下，差動カーブ・トレーサーと名付けて双3極管の特性差に注目してみます．

差動カーブ・トレーサーで見た双3極管の特性

具体的数値を決めなくてはならないものに，カソード側に入れる電流検出用抵抗があります．これは差動オシロの感度との兼ね合いで決めるもので小さい値がよいに決まっていますが，12AU7を例にとれば，プレート電流のレベルが20～30mAオーダーとして，1Ωで20～30mVとなります．

使う予定の差動増幅オシロは10μV/cmが最高感度ですので，感度は十分です．ただオシロまでのリード線が20cmくらいなので，放送電波の影響がちょっと気になりますが，これはオシロ内蔵のフィルタで除去可能として，実験に入りました(シールド線対応も可)．

ここでの除去可能とは，カーブ・トレーサーの表示繰返し周波数がAC，すなわち50，100Hzという低い値であり，放送電波との差は大きく，フィルタの特性図への変形などの影響はないということです．



〈第7図〉真空管の特性のちがいを測定するシステム

12AU7に6.3Vのヒータ電圧を与え，カーブ・トレーサーからグリッドに0，−1Vを与えたときの特性写真を以下に示します．もちろんX軸はトレーサーのプレート電圧で，0～200Vです．これも同じくハイカット・フィルタを通じています．

通常，オシロX軸の外部入力は，DCからの表示や，2チャネルの片方をブラウン管X偏向板につなぐ方式が多いのですが，ここで使ったオシロは，型は古いのですが，X・Y軸ともプラグイン式のもので，両軸ともY軸用アンプをプラグインし，フィルタも同じものを活用できました(**写真B**参照)．プラグイン方式はこんなとき便利です．

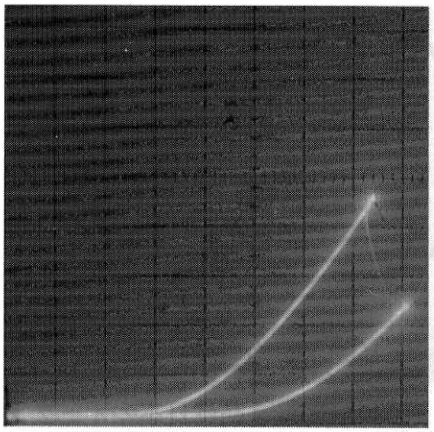
写真Cに12AU7ピン1，2，3の3極部，**写真D**にピン6，7，8の3極部を示しました．両写真でのカーブの上下方向が逆になっていますが，これが前述の差動増幅の＋入力端子，－入力端子のみを使った結果で，同時に入力すれば，差し引きでのその違いの分だけ表示されるわけです．本来同じ特性のはずのものですから，差し引きの結果は，違っていてもごくわずか，となればY軸の感度を上げなければなりません．

双3極管のこのような特性差はどの程度の一般的でしょうか．手元の双3極管を当たってみましょう．

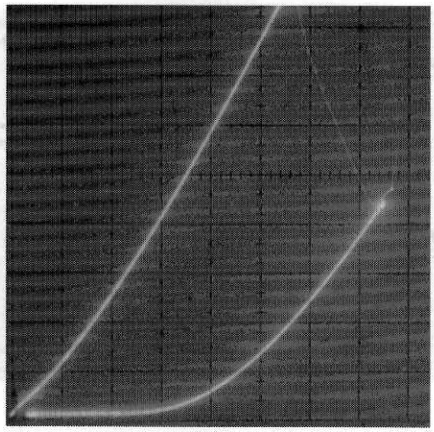
12AU7のピン1，2，3グループと6，7，8グループとを比較してみます．

第6図の設定で12AU7 2本，12AU7の高信頼管5814Aを測ってみます．各テスト項目につき，ヒータ電圧5Vの場合と6.3Vの場合を以下の条件で測定しました．

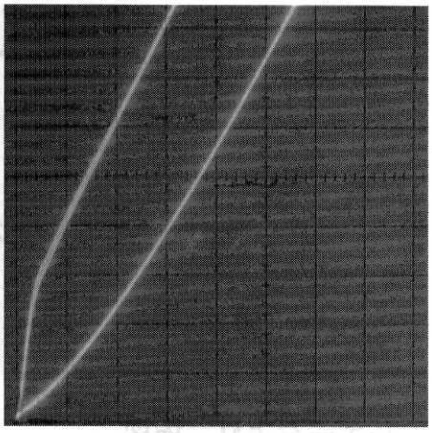
測定のブロック・ダイアグラムは**第7図**のとおりです．今回はオシロ画面のパターンの変化で結果を見てみます．



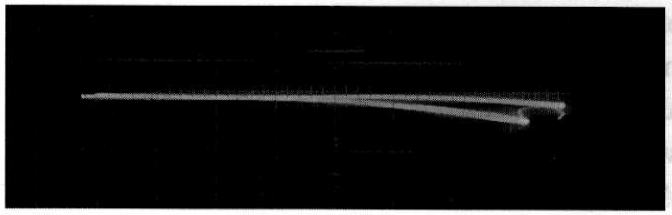
①バイアス電圧−6，−7Vのとき

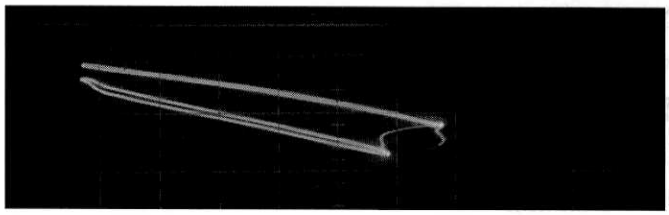


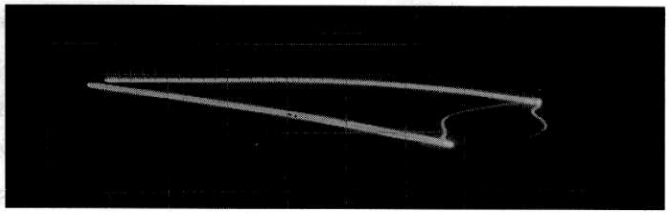
②バイアス電圧−2，−3Vのとき



③バイアス電圧0V，+1Vのとき

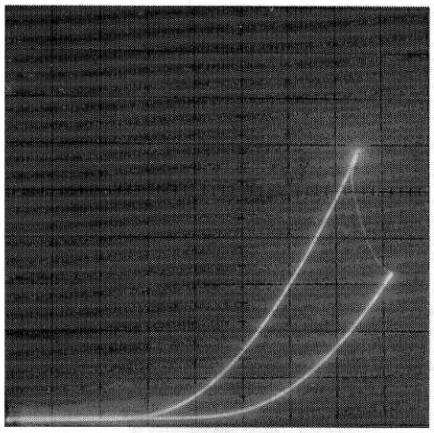




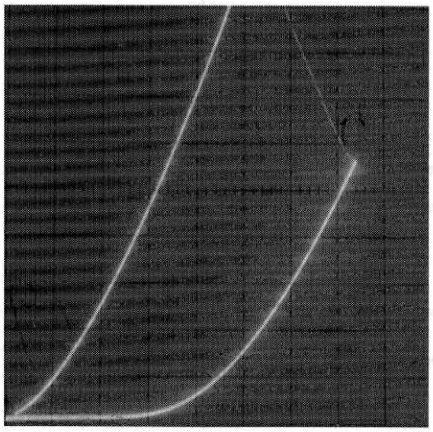


[左上から右へ④⑤⑥]
④バイアス電圧−6Vのときの両ユニットの差
⑤バイアス電圧−2Vのときの両ユニットの差
⑥バイアス電圧0Vのときの両ユニットの差

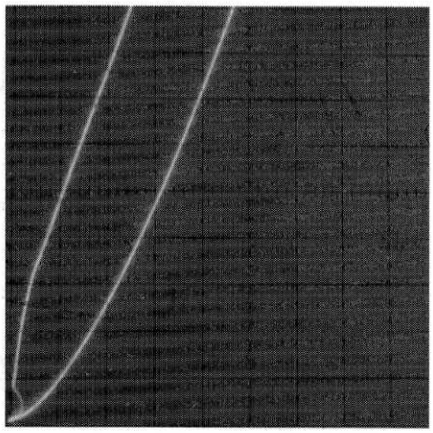
●12AU7（No.1）を5V点火したときのE_b-I_b特性と両ユニットの差



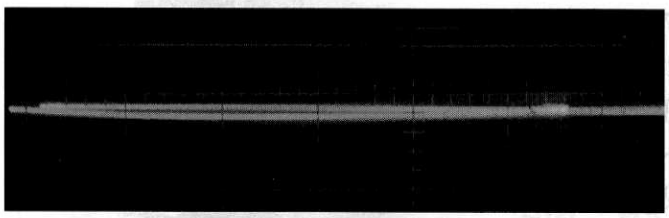
①バイアス電圧−6，−7Vのとき

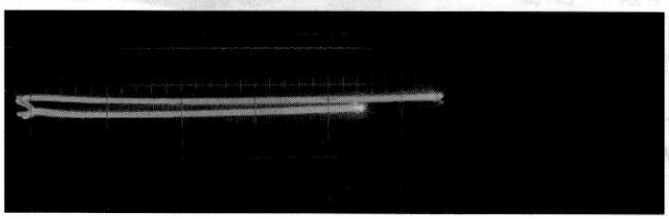


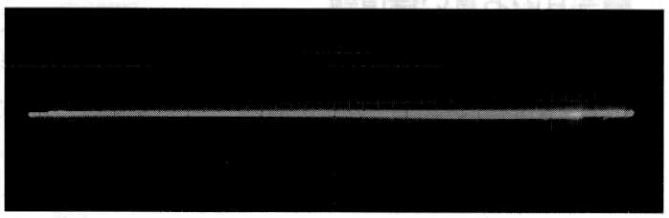
②バイアス電圧−2，−3Vのとき



③バイアス電圧0V，+1Vのとき







[左上から右へ④⑤⑥]
④バイアス電圧−6Vのときの両ユニットの差
⑤バイアス電圧−2Vのときの両ユニットの差
⑥バイアス電圧0Vのときの両ユニットの差

●12AU7（No.2）を5V点火したときのE_b-I_b特性と両ユニットの差